

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-030924

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

H01F 1/22

(21)Application number : 10-196110

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 10.07.1998

(72)Inventor : SAITOU TAKANOBU  
YAHAGI SHINICHIRO

## (54) SOFT MAGNETIC ALLOY POWDER DUST CORE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide soft magnetic alloy powder whose relative permeability is large when a comparatively large DC current (magnetic field) is applied and core loss is small and which is suitable for a dust core.

**SOLUTION:** Fe-Si based soft magnetic alloy powder is composed of atomize powder where Si of 0.5-8.0 wt.% is contained, O is regulated to be equal to or lower than 0.5 wt.%, and the residual part is practically composed of atomize powder having component composition of Fe. When a particle shape of powder is two-dimensionally observed, the average of a ratio LL/LS of the length of a long axis LL and a length of a short axis LS is in a range from 1.0 to 3.5. A dust core is obtained by compounding the Fe-Si based soft magnetic alloy powder and bonding agent serving as insulating agent and performing pressed powder molding.

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>  
H01F 1/22

識別記号

F I  
H01F 1/22テーマコード (参考)  
5E041

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-196110

(22) 出願日 平成10年 7 月10日 (1998. 7. 10)

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 斉 藤 貴 伸

愛知県岡崎市板屋町216-1

(72) 発明者 矢 萩 慎一郎

愛知県大府市江端町 2 丁目72

(74) 代理人 100077610

弁理士 小塩 豊

Fターム(参考) 5E041 AA02 AA11 AA19 BB03 CA03  
HB05 HB17 NN01 NN06 NN14

(54) 【発明の名称】 軟磁性合金粉末および圧粉磁芯

(57) 【要約】

【課題】 比較的大きな直流（磁界）が印加されたときであつても比透磁率が大きく、コアロスも小さい圧粉磁芯に適した軟磁性合金粉末を提供する。

【解決手段】 重量%で、S i : 0. 5 ~ 8. 0 %を含み、O : 0. 5 %以下に規制し、残部が実質的にF e の成分組成を有するアトマイズ粉末からなり、粉末の粒子形状を2次元的に観察したときに長軸の長さ $L_L$ と短軸の長さ $L_S$ との比 $L_L / L_S$ が平均して1. 0から3. 5までの間にあるF e - S i 系軟磁性合金粉末、および、この軟磁性合金粉末と絶縁剤兼結合剤を配合して圧粉成形してなる圧粉磁芯。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 重量%で、Si : 0.5 ~ 8.0%を含み、O : 0.5%以下に規制し、残部が実質的にFeの成分組成を有するアトマイズ粉末からなり、粉末の粒子形状を2次的に観察したときに長軸の長さ $L_L$ と短軸の長さ $L_S$ との比 $L_L/L_S$ が平均して1.0から3.5までの間にあることを特徴とするFe-Si系軟磁性合金粉末。

【請求項 2】 アトマイズ粉末は、溶湯の水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガスおよび水の混合物噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこれに続く水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこの直後の水冷却アトマイズ粉末の少なくとも1種である請求項 1 に記載のFe-Si系軟磁性合金粉末。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載のFe-Si系軟磁性合金粉末と絶縁剤を配合して圧粉成形した圧粉成形体よりなり、20 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が50以上であり、50 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が40以上であり、100 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が30以上であることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項 4】 絶縁剤は、シリコン樹脂である請求項 3 に記載の圧粉磁芯。

【請求項 5】 請求項 3 または 4 に記載の圧粉成形体に樹脂を含浸してなることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項 6】 樹脂は、シリコン樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂のうちから選ばれる請求項 5 に記載の圧粉磁芯。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、比較的大きな直流が印加されたときであっても比透磁率が大きくかつまたコアロスが小さい圧粉磁芯およびこの圧粉磁芯の素材として適した軟磁性合金粉末に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、スイッチング電源の直流出力側の平滑用チョークコイルや交流入力側のノーマルモード用ノイズフィルタや、アクティブフィルタ用チョークコイルなどには、Fe-Si-Al系磁性合金（センダスト合金）よりなる圧粉磁芯が多く用いられている。

【0003】 このようなセンダスト合金よりなる圧粉磁芯は、Fe-Ni-Mo系合金（モリブデンパーマロイ合金）よりなる圧粉磁芯に比べて原料費が安価であるが、透磁率およびコアロス（電力損失）については優れているとはいえない。

【0004】 また、チョークコイルやインダクターに使用する磁芯では、コアロスが大きいと磁芯の温度上昇が大きくなって小型化が難しくなる傾向となる。

【0005】 そこで、センダスト合金よりなる圧粉磁芯

のコアロス低減に関しては、例えば、Fe-Si-Al系磁性合金（センダスト合金）のインゴットを700 ~ 1100℃で焼鈍した後粉碎し、ここで得た粉末をプレス成形したあとさらに酸素雰囲気中600 ~ 800℃で焼成することにより、モリブデンパーマロイよりも高い透磁率と低いコアロスの圧粉磁芯を得る技術もあった（特公昭62-21041号公報）。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、センダスト合金よりなる圧粉磁芯をスイッチング電源の平滑用チョークコイルやアクティブフィルタ用チョークコイルなどに使用した場合には、大きな直流が印加された状態で用いられるため、初透磁率が高いとしても、大きな直流磁界が印加されたときには磁芯が飽和し、透磁率が低下してしまうという問題点があった。

## 【0007】

【発明の目的】 本発明は、このような従来の課題にかんがみてなされたものであって、大きな直流磁界が印加されたときでも従来のセンダスト合金からなる圧粉磁芯のように透磁率が低下せず、コアロスも小さく、小型化も可能である圧粉磁芯およびこの圧粉磁芯の素材として適した軟磁性合金粉末を提供することを目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明に係わる軟磁性合金粉末は、請求項 1 に記載しているように、重量%で、Si : 0.5 ~ 8.0%を含み、O : 0.5%以下に規制し、残部が実質的にFeの成分組成を有するアトマイズ粉末からなり、粉末の粒子形状を2次的に観察したときに長軸の長さ $L_L$ と短軸の長さ $L_S$ との比 $L_L/L_S$ が平均して1.0から3.5までの間にあるものとしたことを特徴としている。

【0009】 そして、本発明に係わる軟磁性合金粉末の実施態様においては、請求項 2 に記載しているように、アトマイズ粉末は、溶湯の水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガスおよび水の混合物噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこれに続く水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこの直後の水冷却アトマイズ粉末の少なくとも1種であるものとなすことができる。

【0010】 本発明に係わる圧粉磁芯は、請求項 3 に記載しているように、請求項 1 または 2 に記載のFe-Si系軟磁性合金粉末と絶縁剤兼結合剤を配合して圧粉成形した圧粉成形体よりなり、20 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が50以上であり、50 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が40以上であり、100 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が30以上であるものとしたことを特徴としている。

【0011】 そして、本発明に係わる圧粉磁芯の実施態様においては、請求項 4 に記載しているように、絶縁剤

は、シリコーン樹脂であるものとすることができる。

【0012】また、本発明に係わる別の圧粉磁芯は、請求項5に記載しているように、請求項3または4に記載の圧粉成形体に樹脂を含浸してなるものとしたことを特徴としている。

【0013】そして、この圧粉磁芯の実施態様においては、請求項6に記載しているように、樹脂は、シリコーン樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂のうちから選ばれるものとする。ことができる。

【0014】

【発明の作用】本発明に係わる軟磁性合金粉末は、重量%で、Si: 0.5~8.0%を含み、O: 0.5%以下に規制し、残部がFeおよび不純物よりなるものであるが、この限定理由について説明する。

【0015】Siは磁性合金の透磁率および磁束密度を向上させるのに有用な元素であるが、Si含有量が0.5%よりも少ないと純鉄に近くなってコアロス（電力損失）が大きくなるので、0.5%以上、望ましくは1.0%以上、さらに望ましくは2.0%以上とするのが良い。

【0016】しかしながら、Si含有量が多すぎると透磁率が低下し、磁束密度も低下し、直流重量特性が劣化して大きな直流が印加された状態で使用されたときに透磁率が低下することとなるので、8.0%以下、より好ましくは7.5%以下、さらに望ましくは7.0%以下とするのが良い。

【0017】また、酸素含有量が多いと保磁力が増大し、その結果としてコアロスが増大するので、酸素量は少ない方が望ましく、0.5%以下、好ましくは0.4%以下、さらに好ましくは0.3%以下とするのが良い。

【0018】本発明に係わる上記成分組成のFe-Si系軟磁性合金粉末は、アトマイズ粉末よりなるものであって、

- ・水噴霧アトマイズ粉末（溶湯流に水を吹きつけてアトマイズ化する手法であって、比較的不規則な（アスペクト比が大きい）形状で成形性ないしは保形性の良好な粉末を得る方法）

- ・ガス噴霧アトマイズ粉末（溶湯流にガスを吹きつけてアトマイズ化する手法であって、比較的丸い（アスペクト比が1に近い）形状で圧密性の良好な粉末を得る方法）

- ・ガスおよび水の混合物噴霧アトマイズ粉末（溶湯流にガスと水との混合物（ミスト）を吹きつけてアトマイズ化する手法であって、やや不規則な（アスペクト比が2~4程度の）形状で成形性ないしは保形性の良好な粉末を得る方法）

- ・ガス噴霧およびこれに続く水噴霧アトマイズ粉末（溶湯流にガスを吹きつけたのち水を吹きつけてアトマイズ化する手法であって、比較的小径のものは丸い（アスペ

クト比が1に近い）形状にすると共に比較的大径のものはやや不規則な（アスペクト比が2~4の）形状に変えて凝固させることによって全体としてアスペクト比が1~4程度の成形性（保形性）および圧密性が共に良好な粉末を得る方法）

- ・ガス噴霧およびこの直後の水冷却アトマイズ粉末（溶湯流にガスを吹きつけたのち水中で冷却する手法であって、比較的小径のものは丸い（アスペクト比が1に近い）形状にすると共に比較的大径のものはやや不規則な（アスペクト比が2~4の）形状にして凝固させることによって全体としてアスペクト比が1~4程度で成形性（保形性）および圧密性が共に良好な粉末を得る方法）が用いられる。

【0019】そして、本発明に係わる軟磁性合金粉末は、より好ましくは、上記の手法により得られるアトマイズ粉末からなり、粉末の粒子形状を2次元的に観察したときに長軸の長さ $L_L$ と短軸の長さ $L_S$ との比（アスペクト比） $L_L/L_S$ が平均して1.0から3.5までの間にあるものとする。

20 【0020】この場合、 $L_L/L_S$ の値が1.0~3.5の適度のものであれば、良好なる成形性を有するものとなり、この $L_L/L_S$ の値が大きいと、透磁率は大きいものになりやすいが、この比が大きすぎる（すなわち、扁平なものが多くなりすぎる）と成形性が低下するので、3.5以下、望ましくは3.0以下となっているものとするのが良い。

【0021】本発明による圧粉磁芯は、上記したFe-Si系軟磁性合金粉末と絶縁剤（ないしは結合剤）をプレス成形等により圧粉成形した圧粉成形体よりなるものであるが、この場合の絶縁剤（ないしは結合剤）としては水ガラスを使用することも可能ではあるが、この水ガラスは接着強度が低いと共に高温に加熱した場合に絶縁特性が低下する傾向となって圧粉磁芯の周波数特性を劣化させる可能性があるため、シリコーン樹脂を用いるのが好ましい。

【0022】そして、この場合のシリコーン樹脂としては、広義におけるシリコーンオイルやシリコーンゴムなども含まれる。そして、このシリコーン樹脂は0.5~5.0重量%程度の配合量とすることができ、0.5重量%よりも少ないと絶縁剤、結合剤としての十分な作用を得ることが困難な傾向となり、5.0重量%よりも多いと透磁率が低下する傾向となる。

【0023】また、圧粉成形の際の潤滑剤として、ステアリン酸、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸アルミニウム、ワックス、二硫化モリブデン、二硫化タングステンなどを0.1~1.0重量%程度用いることもできる。

【0024】そして、圧粉磁芯に対しては適度な温度範囲、例えば、500~1000℃での熱処理を行うことにより、圧縮歪が解放され、合金相が安定化し、シリコーン樹脂の分解に伴う体積収縮によって磁性粉末の充填

率が向上し、高飽和磁束密度を有する高比透磁率の圧粉磁芯とすることが可能となる。

【0025】このとき、シリコン樹脂の分解に伴ってシリコン化合物が残存することとなるが、このシリコン化合物は基本的に強い結合力を有するため、圧粉磁芯の十分な強度を確保することができることとなる。

【0026】さらに、本発明による圧粉磁芯においては、前記圧粉成形体中の気孔部分に、樹脂を含浸させることによってその強度をさらに増大させたものとする必要に応じて望ましく、この際の樹脂としては、シリコン樹脂やエポキシ樹脂やフェノール系樹脂などの液状樹脂を用いることができ、エポキシ樹脂やフェノール系樹脂では200℃程度で熱分解するが、シリコン樹脂を用いた場合には800～900℃程度の高温であっても十分な機械的強度を確保できるものとなる。

【0027】そして、本発明に係わる圧粉磁芯は、20 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が50以上であり、50 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が40以上であり、100 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が30以上であるものであって、大きな直流磁界が印加されたときでも透磁率がさほど低下しないことを特徴とするものである。

【0028】本発明による圧粉磁芯では、上記したように、磁束密度の高いFe-Si系合金を用いることによって、大きな直流が印加された状態でも高い微分比透磁率を得ることができるものであり、直流重量性がかなり良好なものである。

【0029】本発明に係わる圧粉磁芯は、上述した構成としたものであるが、その形状はとくに限定されるものではなく、いわゆるEE型、EI型、ER型、EPC型、カップ型、ポット型、ドラム型、トロイダル型等々のものとして適用することができる。

【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例について比較例とともに説明するが、本発明はこのような実施例にのみ限定されないことはいうまでもない。

【0031】表1および表2に示すようにSi含有量を変化させたFe-Si系合金の溶湯を溶製したのち、同じく表1および表2に示す噴霧方法でアトマイズ化した。

【0032】次いで、ここで得た各アトマイズ粉末を100メッシュ以下の大きさにふるい分けした後、各粉末粒子（各々約1000個）を2次元に投影した際の長軸方向の長さ $L_L$ と短軸方向の長さ $L_S$ との比（アスペクト比） $L_L/L_S$ を測定し、その平均を求めたところ、

同じく表1および表2に示す結果であった。このように、各粉末の粒子径の比（ $L_L/L_S$ ）は、最大で3.1となっており、各粒子は成形性が低下するほどには偏平化していないものであった。

【0033】また、各粉末におけるSi含有量およびO含有量を測定したところ、同じく表1および表2に示す結果であった。

【0034】次いで、各アトマイズ粉末に対し、真空中1000℃で1時間の重取り熱処理を施したのち、絶縁剤（兼結合剤）としてシリコン樹脂を4.0重量%混合して攪拌した後乾燥し、さらに潤滑剤としてステアリン酸亜鉛を0.5重量%混合し、次いで、室温にて圧力13tonf/cm<sup>2</sup>でプレス成形することによって、外径が28mm、内径が20mm、高さが5mmのリング形状をなす圧粉磁芯を作製した。そして、得られた各圧粉磁芯に対して真空中800℃で1時間の熱処理を施した。

【0035】さらに、実施例1～6、比較例1～4の圧粉磁芯に対しては、圧粉成形体中の気孔内にシリコン樹脂またはエポキシ系樹脂の含浸処理を行い、シリコン樹脂の含浸を行った圧粉成形体に対しては真空中800℃で1時間の硬化処理を施し、エポキシ系樹脂の含浸を行った圧粉成形体に対しては大気中150℃で1時間の硬化処理を施した。

【0036】次いで、各圧粉磁芯について、周波数 $f=100\text{kHz}$ でかつ20 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率 $\mu'$ 、同周波数（ $f=100\text{kHz}$ ）でかつ50 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率 $\mu'$ 、同周波数（ $f=100\text{kHz}$ ）でかつ100 Oeのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率 $\mu'$ をそれぞれ測定したところ、同じく表1および表2に示す結果であった。

【0037】さらに、各圧粉磁芯について、周波数 $f=100\text{kHz}$ 、磁束密度 $B_m=300\text{G}$ でのコアロス（鉄損） $P_c$ を測定したところ、同じく表1および表2に示す結果であった。

【0038】さらにまた、各圧粉磁芯の圧環強度を調べたところ、同じく表1および表2に示す結果であった。なお、このときの圧環強度は、圧粉磁芯を径方向に立てた状態にして上方から圧力を加えたときに、圧粉磁芯が破壊したときの荷重として調べた。この結果を同じく表1および表2に示す。

【0039】

【表1】

| 区分  | Si量<br>(wt%) | O量<br>(wt%) | 噴霧方法  | 長軸／短軸比<br>L <sub>1</sub> ／L <sub>2</sub> | 200eでの<br>比透磁率 μ'<br>(100kHz) | 500eでの<br>比透磁率 μ'<br>(100kHz) | 1000eでの<br>比透磁率 μ'<br>(100kHz) |    |
|-----|--------------|-------------|-------|--|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 実施例 | 1            | 0.9         | 0.32  | 水噴霧                                      | 3.1                           | 83                            | 75                             | 58 |
|     | 2            | 2.9         | 0.11  | ガスで噴霧した後<br>直ちに水で冷却                      | 1.9                           | 75                            | 71                             | 52 |
|     | 3            | 3.2         | 0.013 | ガス噴霧                                     | 1.1                           | 70                            | 62                             | 48 |
|     | 4            | 4.5         | 0.08  | ガスで噴霧し、<br>続いて水で噴霧                       | 2.1                           | 78                            | 63                             | 52 |
|     | 5            | 6.4         | 0.29  | 水噴霧                                      | 2.9                           | 80                            | 65                             | 50 |
|     | 6            | 6.6         | 0.12  | ガスで噴霧した後<br>直ちに水で冷却                      | 2.0                           | 75                            | 59                             | 45 |

| コアロス P <sub>c</sub> (kW／m <sup>3</sup> )<br>(f=100kHz, B <sub>m</sub> =300G) |  |  |  | 含浸処理    | 圧環強度<br>P (kgf) | 区分 |
|--|--|--|--|---------|-----------------|----|
| 140  |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 60.3            | 1  |
| 126  |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 59.6            | 2  |
| 114  |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 58.7            | 3  |
| 106  |  |  |  | シリコン樹脂  | 49.3            | 4  |
| 90   |  |  |  | シリコン樹脂  | 46.1            | 5  |
| 82   |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 57.2            | 6  |

【0040】

【表2】

| 区分  | Si量<br>(wt%) | O量<br>(wt%)     | 噴霧方法  | 長軸／短軸比<br>$L_1 / L_2$ | 200eでの<br>比透磁率 $\mu'$<br>(100kHz) | 500eでの<br>比透磁率 $\mu'$<br>(100kHz) | 1000eでの<br>比透磁率 $\mu'$<br>(100kHz) |    |
|-----|--------------|-----------------|-------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----|
| 比較例 | 1            | 0.1             | 0.26  | 水噴霧                   | 2.7                               | 85                                | 78                                 | 61 |
|     | 2            | 9.0             | 0.28  | 水噴霧                   | 3.0                               | 45                                | 35                                 | 28 |
|     | 3            | 9.5Si<br>-5.5Al | 0.33  | 水噴霧                   | 2.6                               | 75                                | 48                                 | 23 |
|     | 4            | 1.1             | 0.65  | 水噴霧                   | 3.2                               | 80                                | 71                                 | 52 |
| 実施例 | 7            | 3.2             | 0.013 | ガス噴霧                  | 1.1                               | 68                                | 61                                 | 45 |
|     | 8            | 6.4             | 0.29  | 水噴霧                   | 2.9                               | 80                                | 63                                 | 52 |
|     | 9            | 6.6             | 0.12  | ガスで噴霧した後<br>直ちに水で冷却   | 2.0                               | 77                                | 62                                 | 48 |

| コアロス $P_c$ (kW/m <sup>2</sup> )<br>( $f=100\text{kHz}$ , $B_m=300\text{G}$ ) |  |  |  | 含浸処理    | 圧環強度<br>$P$ (kgf) | 区分 |
|--|--|--|--|---------|-------------------|----|
| 280  |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 60.2              | 1  |
| 163  |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 51.3              | 2  |
| 82   |  |  |  | エポキシ系樹脂 | 49.6              | 3  |
| 191  |  |  |  | シリコン樹脂  | 46.7              | 4  |
| 108  |  |  |  | なし      | 8.6               | 7  |
| 95   |  |  |  | なし      | 10.3              | 8  |
| 83   |  |  |  | なし      | 11.6              | 9  |

【0041】表1に示した結果より明らかなごとく、本発明実施例1～6の各圧粉磁芯では、大きな直流磁界が印加されたときでも、透磁率の低下が小さく、直流重量特性が良好であると共に、コアロスもさほど小さくなく、圧環強度にも優れたものであることが認められた。

【0042】これに対して、表2に示す比較例1の圧粉磁芯では、Si含有量が少なすぎるため純鉄に近くなつてコアロスがかなり大きいものとなっており、比較例2

の圧粉磁芯では、Si含有量が多すぎるため比透磁率がかなり低いものとなっており、比較例3のセンダスト合金に相当する圧粉磁芯では200eのバイアス直流磁界のもとでの比透磁率は良好な値を示すものの直流磁界の強さが増大すると磁束密度が低いいため飽和してしまうことから比透磁率の低下がかなり大きいものとなっており、実施例7～9の圧粉磁芯では磁気特性は良好であるものの樹脂の含浸処理がないため圧環強度が低いものと

なっていて、ある程度の圧環強度が要求される場合には適していないものとなっていた。

【0043】さらに、比較例4の圧粉磁芯ではO含有量が多すぎるためコアロスがかなり大きいものとなっていた。

【0044】

【発明の効果】本発明による軟磁性合金粉末では、請求項1に記載しているように、重量%で、Si: 0.5~8.0%を含み、O: 0.5%以下に規制し、残部が実質的にFeの成分組成を有するアトマイズ粉末からなり、粉末の粒子形状を2次元的に観察したときに長軸の長さ $L_L$ と短軸の長さ $L_S$ との比 $L_L/L_S$ が平均して1.0から3.5までの間にあるものとしたから、比較的大きな直流（磁界）が印加されたときでも比透磁率の低下が小さく、比透磁率を大きな値のものとすることが可能であると共に、コアロスの小さい圧粉磁芯に適した軟磁性合金粉末を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0045】そして、請求項2に記載しているように、アトマイズ粉末は、溶湯の水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガスおよび水の混合物噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこれに続く水噴霧アトマイズ粉末、溶湯のガス噴霧およびこの直後の水冷却アトマイズ粉末の少なくとも1種であるものとすることによって、密度を高いものにできる圧密性や形状精度を良好なものにできる成形性（ないしは保形性）を考慮した軟磁性合金粉末を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0046】本発明による圧粉磁芯では、請求項3に記

載しているように、請求項1または2に記載のFe-Si系軟磁性合金粉末と絶縁剤兼結合剤を配合して圧粉成形した圧粉成形体よりなり、2000eのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が50以上であり、5000eのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が40以上であり、10000eのバイアス直流磁界のもとでの微分比透磁率が30以上であるものとしたから、比較的大きな直流（磁界）が印加された状態であっても比透磁率が大であり、かつまたコアロスが小さい圧粉磁芯を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0047】そして、請求項4に記載しているように、絶縁剤は、シリコーン樹脂であるものとすることによって、高温に加熱されたときでも絶縁特性や接合特性が低下せず、周波数特性の良好な圧粉磁芯を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0048】また、本発明に係わる別の圧粉磁芯によれば、請求項5に記載しているように、請求項3または4に記載の圧粉成形体に樹脂を含浸してなるものとしたから、比較的大きな直流（磁界）が印加された状態であっても比透磁率が大であり、かつまたコアロスが小さく、機械的強度にも優れた圧粉磁芯を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0049】そして、請求項6に記載しているように、樹脂は、シリコーン樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂のうちから選ばれるものとすることによって、機械的強度をかなり高めた圧粉磁芯を提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。